

### 3.6 橫風向之風力

建築物或地上獨立結構物應以合理的方法考慮橫風向風力。

當建築物近似規則矩形柱體，且 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，得依式(3.15)計算離地面高度 $z$ 處橫風向風力 $W_{Lz}$ 如下：

$$W_{Lz} = 0.87 \frac{L}{B} W_{Dz} \quad (3.15)$$

式中， $W_{Dz}$ 為高度 $z$ 處順風向風力，依 3.2 節計算。

當建築物近似規則矩形柱體，符合 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 且 $U_h / (f_a \sqrt{BL}) \leq 10$ 時(其中 $f_a$ 為建築物橫風向基本自然頻率， $U_h$ 為高度 $h$ 處之風速，可依據 2.2 節之解說計算)，得依式(3.16)計算高度 $z$ 處橫風向風力 $W_{Lz}$ 如下：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\xi} R_{LR}} \quad (3.16)$$

式中， $A_z$ 為離地面高度 $z$ 處迎風面面積；

$$g_L = \sqrt{2 \ln(3600 f_a)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_a)}} \quad (3.17)$$

$$C'_L = 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B) \quad (3.18)$$

$R_{LR}$  為橫風向共振因子，可採用表 3.17 或依下式計算之：

$$R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} \quad (3.19)$$

其中， $S_L(n^*)$  為橫風向風力頻譜值，

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1 + 0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{(n^*/n_j)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2 \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} \quad (3.20)$$

$$n^* = \frac{f_a B}{U_h} \quad (3.21a)$$

$$n_1 = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{L}{B}\right)^2\right]^{0.89}} \quad (3.21b)$$

$$n_2 = \frac{0.56}{\left(\frac{L}{B}\right)^{0.85}} \quad (3.21c)$$

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4 + 2.3 \left(\frac{L}{B}\right)^2}{2.4 \left(\frac{L}{B}\right)^4 - 9.2 \left(\frac{L}{B}\right)^3 + 18 \left(\frac{L}{B}\right)^2 + 9.5 \left(\frac{L}{B}\right) - 0.15} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)} \quad (3.21d)$$

$$\beta_2 = 0.28 \left(\frac{L}{B}\right)^{-0.34} \quad (3.21e)$$

$$\overline{k_1} = 0.85 \quad (3.21f)$$

$$\overline{k_2} = 0.02 \quad (3.21g)$$

$$S = \begin{cases} 1 & L/B < 3 \\ 2 & L/B \geq 3 \end{cases} \quad (3.21h)$$

當建築物同時滿足以下各條件：(1)  $h/\sqrt{BL} \geq 4$ 、(2)  $U_h/f_a\sqrt{BL} > 8.3$  時，應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象，必要時應進行風洞試驗。

#### 【解說】

幾何形狀近似規則且高寬比較大之建築物受風吹襲時，背風面會產生交替的渦散(vortex shedding)現象，致使建築物的橫向受不平衡風壓作用，產生橫向振動。渦散頻率  $n_s$ ，通常由下式計算：

$$S_t = \frac{n_s B}{U} \quad (C3.10)$$

其中， $U$ 為風速， $B$ 為與風向垂直的建築物寬度， $S_t$ 為史特赫數(Strouhal Number)。當建築物橫向之自然振動頻率  $f_a$  接近渦散頻率  $n_s$  時，便會發生結構共振。共振的振幅大時，會進一步產生鎖定(lock-in)現象，此時即使風速略增，但渦散頻率  $n_s$  仍會維持  $f_a$ ，致使建築物產生極大的簡諧振動，因此應設法避免。在不會產生共振及鎖定的情況下，建築物之橫向振動係屬隨機振動。此時應計算橫風向之風力，並與順風向風力合併作用。我國橫風向風力參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ 2004)。橫風向風力之相關規定如下：

#### 建築物或地上獨立結構物為矩形柱體：

- (1) 矩形斷面建築物之高寬比小於 3 ( $h/\sqrt{BL} < 3$ )，其橫風向風力受到來風紊流的影響很大，渦散特性較不明顯，與高寬比較大之建築物有明顯差異，橫風向風力依式(3.15)計算之。
- (2) 矩形斷面建築物滿足高寬比介於 3 至 6 之間( $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ )，斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間( $0.2 \leq L/B \leq 5$ )，無因次風速小於 10 ( $U_h/(f_a\sqrt{BL}) \leq 10$ )時，其橫風向風力依式(3.16)計算之。此部分橫風向風力之主要依據為風洞模型實驗數據。
- (3) 矩形斷面建築物符合下列條件： $h/\sqrt{BL} \geq 4$  且  $U_h/f_a\sqrt{BL} > 8.3$ （史特赫數  $S_t = 0.1$ ，安全係數 1.2）時，應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象，必要時應進行風洞試驗。

#### 建築物為圓柱體：

- (1) 圓柱斷面建築物滿足  $h/D \geq 7$  與  $U_h/f_a D > 4.2$  (史特赫數  $S_t = 0.2$ ，安全係數 1.2)時，應依據式(C2.16)考慮建築物因渦散共振引起的橫風向風力。

$$W_{rz} = 0.8\rho U_r^2 C_r \frac{z}{h} A \quad (C3.11)$$

其中， $W_{rz}$ 為建築物為圓柱體時，高度 $z(m)$ 之橫風向風力( $N$ )； $\rho$ 為空氣密度( $= 1.22 \text{ kg/m}^3$ )； $U_r = 5f_a D_m$ 為渦散共振風速； $D_m$ 為 $2/3 h$ 高度處之圓柱直徑； $C_r$ 為渦散共振之風力係數，如下表 C3.2； $A$ 為高度 $z$ 處之投影面積。

表 C3.2 渦散共振之風力係數 $C_r$

$U_r D_m (m^2/s)$	$\rho_f \sqrt{\xi} < 0.5$	$\rho_f \sqrt{\xi} \geq 0.5$
$U_r D_m < 3$ (亞臨界流 $R_e < 2 \times 10^5$ )	$\frac{1.3}{\sqrt{\xi}} + \frac{0.15}{\xi} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{1.7}{\sqrt{\xi}}$
$3.0 \leq U_r D_m < 6.9$ (臨界流 $2 \times 10^5 \leq R_e < 4.5 \times 10^5$ )	線性內插	線性內插
$6.9 \leq U_r D_m$ (超臨界流 $4.5 \times 10^5 \leq R_e$ )	$\frac{0.53}{\sqrt{\xi}} + \frac{0.02}{\xi} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{0.57}{\sqrt{\xi}}$

表 C3.2 中， $\xi$ 為基本振態之阻尼比； $\rho_f = M/(hD_m D_B)$ 為建築物密度( $kg/m^3$ )； $M$ 為建築物質量( $kg$ )； $D_B$ 為建築物基底直徑( $m$ )。

- (2) 當  $U_h L \geq 6(m^2/s)$ ，則圓柱斷面建築物的橫風向風力，可用式(3.16)計算，其中  $C_L' = 0.06$ ； $S = 1$ ； $\bar{k}_1 = 0.9$ ； $n_1 = 0.15$ ； $\beta_1 = 0.2$ 。